

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-354972

(43)Date of publication of application : 24.12.1999

(51)Int.Cl.

H05K 9/00

(21)Application number : 10-162675

(71)Applicant : TDK CORP

KANKYO DENJI GIJUTSU

KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 10.06.1998

(72)Inventor : HONMA MOTOFUMI

OTA HIROYASU

TANAKA TAKASHI

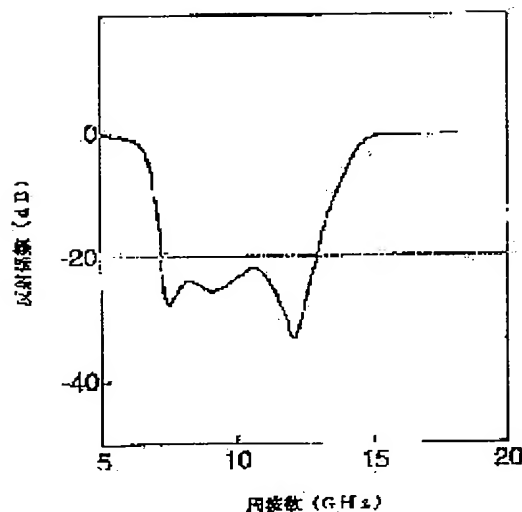
KURIHARA HIROSHI

## (54) RADIO WAVE ABSORBER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To exhibit a radio wave absorbing power in a high frequency range, including millimeter wave bands by fixing a radio wave absorptive material to a conductor plate which is composed of a powder of magnetoplumbite type hexagonal ferrite wherein part of Fe is substituted with one or more kinds of metals, or its mixture with grain holders or sintered material.

SOLUTION: Owing to the uniaxially anisotropic crystal magnetic anisotropy of a magnetoplumbite type hexagonal ferrite, a ferroelectric resonance phenomenon occurs at 40-60 GHz. Powders of magnetoplumbite type hexagonal ferrite  $\text{BaFe}_8(\text{Ti}_{0.5}\text{Mn}_{0.5})_4\text{O}_{19}$  and Z type hexagonal ferrite  $\text{Ba}_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$  and epoxy resin are mixed at a wt. ratio 35:35:30 to form a composite material which is sheeted into a flat plate of 2.7 mm thick and backed with a conductor (metal) plate to form a radio wave absorber and an absorbing power



of 20 dB or more at a frequency of 5-18 GHz in free space is obtd. from its absorbing characteristic.

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]Wave absorption material which consists of what mixed a granular material or particles of a ferrite to a holding material, Or a wave absorber which is a wave absorber which fixes wave absorption material which consists of a sintered compact of a ferrite on a conductor board, and is characterized by using an ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite which replaced a part of Fe with at least one or more kinds of metal as this ferrite.

[Claim 2]Said ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite, It is the presentation shown by empirical formula  $MFe_{12-X}A_XO_{19}$ , The wave absorber according to claim 1, wherein M is at least one sort of Ba, Sr, and Pb, and A is either aluminum or  $\alpha_{0.5}\beta_{0.5}$  (metal in which alpha becomes a tetravalent positive ion, metal in which beta becomes a divalent positive ion) and is  $0 < X \leq 6$ .

[Claim 3]The wave absorber according to claim 2, wherein the aforementioned alpha is at least one sort of Ti, Zr, and Sn and the aforementioned beta is at least one sort of Co, Mn, Cu, Mg, Zn, and nickel.

[Claim 4]A wave absorber given in either of claims 1, 2, and 3 mixing two or more kinds of said ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrites from which ferromagnetic resonant frequency differs as a granular material, particles, or a ferrite sintered compact of a ferrite.

[Claim 5]Are wave absorption material which consists of what mixed a granular material or particles of a ferrite to a holding material, or wave absorption material which consists of a sintered compact of a ferrite a wave absorber fixed on a conductor board, and as a wave absorption material, An ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite given in either of at least one kind of claims 1, 2, and 3, A wave absorber mixing at least one kind of spinel ferrite, or hexagonal ferrites (W type, Y type, or Z type) other than an ignition-magneto plan byte type.

[Claim 6]A wave absorber given in either of claims 1, 2, 3, 4, and 5 magnetizing a part or the whole of said ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]Especially this invention relates to the thin wave absorber for GHz bands using a hexagonal ferrite about a wave absorber.

[0002]

[Description of the Prior Art]The wave absorber is widely used for false-image prevention of television broadcasting and a radar and reduction of the spurious radiation from various electronic equipment. Use frequency is being gradually extended to a GHz band by diversification of radio wave utilization in recent years from an MHz band, and the demand of available wave absorbers is increasing also in high frequency like a millimeter wave belt in connection with it.

[0003]As an MHz band or a wave absorber up to about several gigahertz, the sintered compact of a spinel ferrite or a soft magnetism hexagonal ferrite (common-name ferroplanna), Or it is known that the impedance match type wave absorber which backed the conductor board is effective for the compound magnetic substance which kneaded the granular material to resin etc. (JP,64-1080,B, JP,10-112595,A, JP,54-27557,B) On the other hand, what uses a resistance film as a wave absorber for millimeter wave belts, the wave absorber (JP,4-340299,A) using conductive materials, such as carbon, etc. are used.

[0004]The trial which applies the granular material of an ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite to the wall of a resonator, and aims at reduction of an unnecessary electric wave to the resonance control in an electronic equipment package, etc. is also proposed (JP,9-115707,A, JP,9-115708,A).

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, as for the wave absorber which consists of the above-mentioned spinel ferrite, the frequency of the maximum from which an absorption feature is acquired is restricted with several gigahertz on the relation of magnetic resonance frequency. the ratio from which practically sufficient (not less than 20 dB) absorption magnitude of attenuation is obtained -- 10 to 20% of thing has much frequency bandwidth (absorption-frequencies bandwidth / center frequency), and a thing of the broadband is desired more.

[0006]Although the wave absorber which consists of a hexagonal ferroplanna ferrite has an absorption feature to about 20 GHz, in a millimeter wave belt, like a spinel ferrite, absorption performance will be lost on the relation of magnetic resonance frequency, and there are problems, such as a high cost, in a manufacture side further.

[0007]In a GHz band, the compound magnetic substance which kneaded the granular material of carbonyl iron other than a ferrite to resin etc. is used. in this case -- the characteristic -- optimization -- planning -- a sake -- being controllable -- a parameter -- a granular material -- particle diameter -- a filling factor -- it is -- needing -- a frequency band -- not necessarily -- being big --  $\mu'$  --  $\mu''$  -- a value ( $\mu'$  is a real part of complex magnetic permeability, and  $\mu''$  is the imaginary part of complex magnetic permeability) -- obtaining -- not having .

[0008]Since a frequency characteristic was not able to be decided arbitrarily, either, there was a limit in broadband-izing and slimming down of a wave absorber. Since the homogeneity of particle diameter and a filling factor influenced the characteristic greatly, the management on a manufacturing process was not easy, either and there was a fault used as a high cost.

[0009]Although absorption performance is excellent, a certain amount of thickness is required for the wave absorber using the resistance film as a wave absorber for millimeter waves on the principle, and hundreds of microns slimming down and paint-izing are difficult for it.

[0010]Although slimming down and paint-izing are possible, the wave absorber for millimeter waves using

conductive materials, such as carbon, needs to raise the dielectric constant of an absorber, when trying to attain slimming down. Since the zone which has wave absorption performance becomes narrow and high accuracy is required about the thickness of an absorber when this dielectric constant is raised, difficulty follows on realization.

[0011]The thing using the aforementioned ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite has magnetic loss also in a millimeter wave belt, and is effective in resonance control in a package etc. However, since the impedance match on the surface of an absorber was not taken into consideration, realization of the wave absorber which has good absorption performance was difficult.

[0012]Generally, the wave absorber is performed using adhesives etc. in many cases in the case of wearing to a reflector, although it is used as reflex inhibition of the reflector of a metaled electric wave, equipping a reflector. When equipping using such adhesives etc., mounting work is not easy and it is also difficult to remove that with which it equipped.

[0013]By the way, although many things which comprise as a reflector material which can attach magnets, such as a steel plate, exist, The method of raising the wearing nature of an absorber is proposed by making the hard magnetic material magnetized at the back of wave absorption material unify as a method of equipping such a thing with a wave absorber. (JP,9-23087,A) However, in such a method, since the hard magnetic material as an object for absorber attachment is required, there is a problem used as a high cost other than an absorber.

[0014]this invention became in view of the problem in such conventional technology, has good wave absorption performance also in a high frequency region including a millimeter wave belt, can slim it down, and is easy to attach for a steel plate etc. — further — manufacture — it aims at providing an easy wave absorber.

[0015]

[Means for Solving the Problem]In order to realize said purpose, the following means are taken in this invention.

[0016](1) Wave absorption material which consists of what mixed a granular material or particles of a ferrite to a holding material, Or a wave absorber which is a wave absorber which fixes wave absorption material which consists of a sintered compact of a ferrite on a conductor board, and is characterized by using an ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite which replaced a part of Fe with at least one or more kinds of metal as this ferrite.

[0017](2) Said ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite, It is the presentation shown by empirical formula  $MFe_{12-x}A_xO_{19}$ , M — Ba — Sr — Pb — at least — one — a sort — it is — A — aluminum — or — alpha —  $_{0.5}$  — beta —  $_{0.5}$  (metal in which alpha becomes a tetravalent positive ion, metal in which beta becomes a divalent positive ion) — either — it is — zero —  $< X \leq$  six — it is — things — the feature — carrying out — (— one —) — a statement — a wave absorber .

[0018](3) the above — alpha — Ti — Zr — Sn — at least — one — a sort — the above — beta — Co — Mn — Cu — Mg — Zn — nickel — at least — one — a sort — it is — things — the feature — carrying out — (— two —) — a statement — a wave absorber .

[0019](4) A wave absorber given in (1) or (2) or, and (3) mixing two or more kinds of said ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrites from which ferromagnetic resonant frequency differs as a granular material,

particles, or a ferrite sintered compact of a ferrite.

[0020](5) Are wave absorption material which consists of what mixed a granular material or particles of a ferrite to a holding material, or wave absorption material which consists of a sintered compact of a ferrite a wave absorber fixed on a conductor board, and as a wave absorption material, An ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite given in at least one kind of (1) or (2) or, and (3), A wave absorber mixing at least one kind of spinel ferrite, or hexagonal ferrites (W type, Y type, or Z type) other than an ignition-magneto plan byte type.

[0021](6) A wave absorber given in (1), (2) or, (3) or, (4) or, and (5) magnetizing a part or the whole of said ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite.

[0022]

[Embodiment of the Invention]An example of the operation shape of the wave absorber of this invention is shown in drawing 8.

[0023]In the wave absorber which fixes the wave absorption material which consists of what mixed the granular material or particles of the ferrite to the holding material in this invention, or the wave absorption material which consists of a sintered compact of a ferrite on a conductor board, As a ferrite, the ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite which replaced a part of Fe with at least one or more kinds of metal is used. Within the limits of [ fixed ] the frequency band of a GHz band, this takes an impedance match, and it is made to make the absorption performance demonstrate.

[0024]An ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite, Have uniaxial anisotropy and by crystal magnetic anisotropy General ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ , By  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  and  $\text{PbFe}_{12}\text{O}_{19}$ , ferromagnetic resonance phenomena start in 40-60 GHz, complex magnetic permeability ( $\mu^* = \mu' - j\mu''$ ) shows a frequency characteristic like drawing 1, and  $\mu''$  shows a peak in ferromagnetic resonant frequency by them.

[0025]this -- the time -- several -- GHz -- more than -- frequency -- setting -- being big --  $\mu$  -- " -- obtaining -- things -- being possible -- if -- a wave absorber -- thickness -- thin -- becoming -- a top --  $\mu$  -- ' --  $\mu$  -- " -- a frequency characteristic -- being fixed -- conditions -- filling -- if -- a zone -- it is large -- a wave absorber -- being realizable .

[0026]In this invention, since wave absorption is performed by using such a magnetic loss effect, as compared with the absorber using conductive materials using a resistance film, such as an absorber and carbon, slimming down becomes possible in the accuracy of comparable thickness.

[0027]Since this resonant frequency can be changed on the frequency of the wide range by replacing a part of Fe of an ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite with other metal, it becomes possible to obtain in a frequency range wide also about the wave absorption characteristic.

[0028]The magnetoplumbite type ferrite of this invention is an empirical formula, and is expressed as  $\text{MFe}_{12-x}\text{A}_x\text{O}_{19}$ .

[0029]M of the above-mentioned formula is metal used as a divalent positive ion, and it is preferred from the stability of manufacture that it is at least one sort of Ba, Sr, and Pb in such metal. As A of the above-mentioned formula which is metal which replaces a part of Fe, the metal used as a trivalent positive ion or  $\alpha_{0.5}\beta_{0.5}$  (metal in which  $\alpha$  becomes a tetravalent positive ion here, metal in which  $\beta$  becomes a divalent positive ion) is mentioned. Here, since ferromagnetic resonant frequency can be 50 GHz

– about 100 GHz like drawing 3 when aluminum is used as an example by using the metal used as a trivalent positive ion as A, the absorber which can operate above 50 GHz is realizable. Since ferromagnetic resonant frequency can be 1 GHz – 50 GHz like an example of drawing 2 by considering it as above  $\alpha_{0.5}\beta_{0.5}$  as A, the absorber which can operate below 50 GHz is realizable.

[0030] Since aluminum is cheap as metal used as trivalent [ above ], it is desirable.

[0031] Although in particular aforementioned  $\alpha$  and  $\beta$  are not limited, setting to at least one kind of Ti, Zr, and Sn as  $\alpha$ , setting as  $\beta$  about Co, Mn, Cu, Mg, Zn, and at least one kind of combination of nickel, and having wave absorption performance is checked. In the case of  $x > 6$ , when the spontaneous magnetization of a ferrite decreases, in order that the effect of magnetic loss may decrease, it is preferred that it is  $0 < X \leq 6$ .

[0032] It is not lost even if it is a granular material, if it is more than fixed particle diameter, and unlike the case of the conventional ferrite and the granular material of carbonyl iron, these resonant properties can be controlled in the range of large frequency.

[0033] In order to restrict the conditions of complex magnetic permeability that the good wave absorption characteristic is obtained, in the impedance match type wave absorber and to realize especially the wave absorber of a broadband, The characteristic that real part  $\mu'$  and imaginary part  $\mu''$  of complex magnetic permeability ( $\mu^* = \mu' - j\mu''$ ) become monotone decreasing to both increases in frequency is desirable.

[0034] In order to realize the characteristic of such complex magnetic permeability, the ignition–magneto plan byte type hexagonal ferrite from which ferromagnetic resonant frequency differs Two or more kinds, Or an ignition–magneto plan byte type hexagonal ferrite and a spinel ferrite, Or hexagonal ferrites other than an ignition–magneto plan byte type. (— W type: —  $\text{BaM}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$ , Y type:  $\text{Ba}_2\text{M}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ , and Z type:  $\text{Ba}_3\text{M}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$  — here M by mixing divalent metal), It is possible to double the value of complex magnetic permeability ( $\mu^* = \mu' - j\mu''$ ) with the above–mentioned conditions in a large field.

[0035] Without using adhesives etc. for a magnetic metal wall by [ the ] magnetizing the whole in part, since itself comprises material which can serve as a permanent magnet, the absorber by this invention can be stuck very easily, and can constitute a wave absorber.

[0036] Since the ferrite of this invention makes basic structure the hard ferrite currently used as a permanent magnet, it can be performed as the manufacturing method with usual powder–metallurgy processing, a coprecipitation method, etc. which are performed with the sintered compact and granular material of the hard ferrite. Therefore, the hexagonal ferrite by this invention can use the same manufacturing process as the hard ferrite for permanent magnets, and since manufacture is easy and can mass–produce, it can manufacture it cheaply.

[0037] As a holding material for mixing the granular material and particles of a ferrite of this invention, Especially, it is not limited but For example, synthetic rubbers, such as chloroprene rubber, butadiene rubber, and EPDM, It is usable in inorganic materials, such as various organic polymer resin, such as an epoxy resin, phenol resin, unsaturated polyester resin, a bismaleimide resin, polyvinyl chloride resin, and silicon resin, and calcium sulfate, a calcium silicate, cement, and clay, etc.

[0038] As a conductor board which fixes the thing which mixed the granular material or particles of the ferrite to the holding material, or the wave absorption material which consists of a sintered compact of a ferrite, it is usable in a thin film, a metallic mesh, a carbon sheet, etc. which are not limited especially if some

which an electric wave reflects nearly thoroughly come out and there are, and, for example, made metal, such as various metal plate metallurgy, such as an aluminum board and a copper plate, silver, and ITO (indium oxide tin), and a semiconductor vapor-deposit. When wave absorption material is made to magnetize, it is usable considering magnetic metal walls, such as a steel plate made to equip with wave absorption material, as a conductor board.

[0039]

[Example] Although an example explains this invention still more concretely below, this invention is not limited to the following examples.

[0040][Example 1] By the presentation of  $\text{BaFe}_{12-x}(\text{Ti}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_x\text{O}_{19}$ . The amount X of substitution used the coaxial tube, where processed into toroidal shape the outer diameter of 7 mm, and 3.1 mm in inside diameter the hexagonal ferrite sintered compact which are 1.8–2.2, it made it change in the 0.6–2.2-mm-thick range and the back of a wave absorber is short-circuited, and it measured the absorption feature on the frequency of 45 MHz – 20 GHz. The measurement result of an absorption feature is shown in drawing 4. As shown in drawing 4, in 5–15 GHz, an absorption feature of not less than 20 dB is acquired at 2 mm or less in thickness.

[0041][Example 2] By the presentation of  $\text{BaFe}_{12-x}(\text{Ti}_{0.5}\text{Mn}_{0.5})_x\text{O}_{19}$ . Composite was created for the hexagonal ferrite powder object and epoxy resin which are 3–4 as a range of the weight ratios 8:2–6:4 (preferably 7:3), and the amount X of substitution backed with the metal plate the plate to which thickness was changed in 1.6–2.7 mm, and created the wave absorber. The absorption feature of this wave absorber is measured in the range with a frequency of 5 GHz – 18 GHz by a free-space method, and that measurement result is shown in drawing 5. as shown in drawing 5, an absorption feature of not less than 20 dB is acquired above 7 GHz — a ratio — the absorption feature of not less than 40% in frequency bandwidth is acquired.

[0042][Example 3] The granular material and epoxy resin of ignition-magneto plan byte type hexagonal ferrite  $\text{BaFe}_8(\text{Ti}_{0.5}\text{Mn}_{0.5})_4\text{O}_{19}$  and Z type hexagonal ferrite  $\text{Ba}_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ . After creating composite by the weight ratio 35:35:30 and processing it into a 2.7-mm-thick plate, it backed with the metal plate and the wave absorber was created. The absorption feature of this wave absorber is measured in the range with a frequency of 5 GHz – 18 GHz by a free-space method, and that measurement result is shown in drawing 6. the ratio from which an absorption feature of not less than 20 dB is acquired as shown in drawing 6 — frequency bandwidth is not less than 50%.

[0043][Example 4] By the presentation of  $\text{BaFe}_{12-x}\text{aluminum}_x\text{O}_{19}$ , the amount X of substitution backed with the metal plate what created 0.45-mm-thick composite by making into the weight ratio 76:24 the hexagonal ferrite powder object and chloroprene rubber which are 0.6, and created the wave absorber.

[0044] The absorption feature of this wave absorber is measured in the range with a frequency of 50 GHz – 60 GHz by a free-space method, and that measurement result is shown in drawing 7. As shown in drawing 7, in the frequency of 50 GHz – 54 GHz, the absorption performance of not less than 20 dB is obtained.

[0045]

[Effect of the Invention] In this invention, compared with the wave absorber using the conventional ferrite material, \*\* material cost is low, the cheap and stabilized manufacturing process established as a \*\* permanent magnet can be used, the wave absorption characteristic of a broadband is obtained with a \*\* thin shape, also with \*\* millimeter wave belt, it has an absorption feature and the \*\* wave absorber itself is

magnetized.

Therefore, the wave absorber which can be stuck can be constituted very easily, without using adhesives etc. for a magnetic metal wall.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a figure showing an example of the frequency characteristic of the complex magnetic permeability ( $\mu^* = \mu' - j\mu''$ ) by the ferromagnetic resonance phenomena of the ignition-magneto plan type hexagonal ferrite of this invention.

[Drawing 2] It is a figure showing an example of change of the magnetic resonance frequency by the substitution of Fe of this invention.

[Drawing 3] It is a figure showing an example of change of the magnetic resonance frequency by the substitution of Fe of this invention.

[Drawing 4] It is a figure showing the wave absorption characteristic of Example 1 of this invention.

[Drawing 5] It is a figure showing the wave absorption characteristic of Example 2 of this invention.

[Drawing 6] It is a figure showing the wave absorption characteristic of Example 3 of this invention.

[Drawing 7] It is a figure showing the wave absorption characteristic of Example 4 of this invention.

[Drawing 8] It is a figure showing the example of the operation shape of this invention.

[Brief Description of Notations]

- 1 The wave absorber of this invention
- 2 Wave absorption material of this invention
- 3 Conductor board

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-354972

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 5 K 9/00

識別記号

F I

H 0 5 K 9/00

M

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平10-162675

(22) 出願日

平成10年(1998)6月10日

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(71) 出願人 596183206

株式会社環境電磁技術研究所

宮城県仙台市青葉区南吉成6丁目6番地の3

(72) 発明者 本間 基文

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉東北大学内

(72) 発明者 太田 博康

宮城県仙台市青葉区南吉成六丁目6番地の3  
株式会社環境電磁技術研究所内

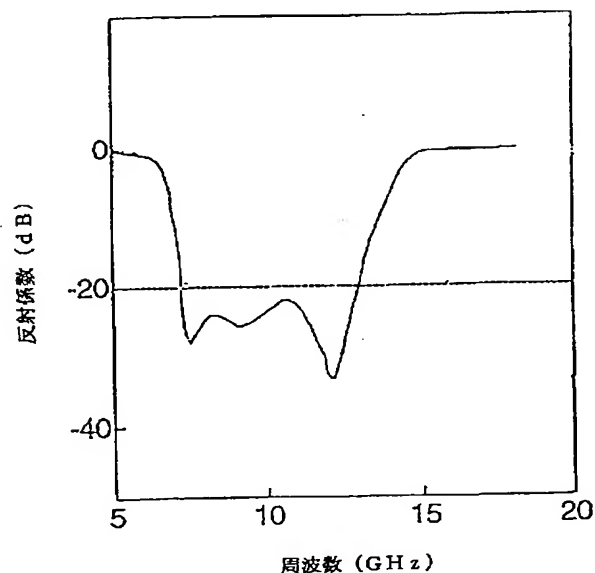
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電波吸収体

(57) 【要約】

【課題】 G H z 帯に対応した薄型電波吸収体を提供すること。

【解決手段】 フェライトの粉体または粒子を保持材に混合したものからなる電波吸収材料、もしくはフェライトの焼結体からなる電波吸収材料を導体板上に固定してなる電波吸収体であって、F e の一部を少なくとも1種類以上の金属で置換したマグネトプランバイト型六方晶フェライトを用い、G H z 帯の周波数帯域の一定の範囲内においてインピーダンス整合をとり、その電波吸収性能を発揮せしめるようにしたもの。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】フェライトの粉体または粒子を保持材に混合したものからなる電波吸収材料、もしくはフェライトの焼結体からなる電波吸収材料を導体板上に固定してなる電波吸収体であって、該フェライトとして Fe の一部を少なくとも 1 種類以上の金属で置換したマグネトプランバイト型六方晶フェライトを用いたことを特徴とする電波吸収体。

【請求項 2】前記マグネトプランバイト型六方晶フェライトは、組成式  $MFe_{12-x}A_xO_{19}$  で示される組成であって、M は Ba, Sr, Pb の少なくとも 1 種であり、A は Al もしくは  $\alpha_{0.5}\beta_{0.5}$  ( $\alpha$  は 4 価の陽イオンとなる金属、 $\beta$  は 2 価の陽イオンとなる金属) のいずれかであって、 $0 < x \leq 6$  であることを特徴とする請求項 1 記載の電波吸収体。

【請求項 3】前記の  $\alpha$  は、Ti, Zr, Sn の少なくとも 1 種、前記の  $\beta$  は、Co, Mn, Cu, Mg, Zn, Ni の少なくとも 1 種であることを特徴とする請求項 2 記載の電波吸収体。

【請求項 4】フェライトの粉体または粒子もしくはフェライト焼結体として、強磁性共鳴周波数の異なる前記マグネトプランバイト型六方晶フェライトを 2 種類以上混合させたものであることを特徴とする請求項 1, 2, 3 のいずれかに記載の電波吸収体。

【請求項 5】フェライトの粉体または粒子を保持材に混合したものからなる電波吸収材料、もしくはフェライトの焼結体からなる電波吸収材料を導体板上に固定してなる電波吸収体であって、電波吸収材料として、少なくとも 1 種類の請求項 1, 2, 3 のいずれかに記載のマグネトプランバイト型六方晶フェライトと、少なくとも 1 種類のスピネル型フェライトもしくはマグネトプランバイト型以外の六方晶フェライト (W 型, Y 型または Z 型) とを混合させたものであることを特徴とする電波吸収体。

【請求項 6】前記マグネトプランバイト型六方晶フェライトの一部または全体を着磁したことを特徴とする請求項 1, 2, 3, 4, 5 のいずれかに記載の電波吸収体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電波吸収体に関し、特に六方晶フェライトを用いた GHz 帯用薄型電波吸収体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】テレビ放送やレーダの偽像防止及び、様々な電子機器からの不要輻射の低減のために電波吸収体が広く使われている。また、近年の電波利用の多様化により、利用周波数が次第に MHz 帯から GHz 帯に拡張されつつあり、それに伴い、ミリ波帯のような高周波においても、利用可能な電波吸収体の需要が高まっている。

【0003】MHz 帯や数 GHz 程度までの電波吸収体として、スピネル型フェライトや軟磁性六方晶フェライト (通称フェロックスプレーナ) の焼結体、あるいはその粉体を樹脂等に混練した複合磁性体に導体板を裏打ちしたインピーダンス整合型電波吸収体が効果的であることが知られている。(特公昭 64-1080, 特開平 10-112595, 特公昭 54-27557) 一方、ミリ波帯用の電波吸収体としては抵抗皮膜を使用したものや、カーボン等の導電性材料を用いた電波吸収体 (特開平 4-340299) などが使用されている。

【0004】また電子機器パッケージ内の共振抑制等に、マグネトプランバイト型六方晶フェライトの粉体を共振器の内壁に塗布し、不要電波の低減を図る試みも提案されている (特開平 9-115707, 特開平 9-115708)。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記のスピネル型フェライトからなる電波吸収体は、磁気共鳴周波数の関係上、吸収特性が得られる上限の周波数が数 GHz と限られている。また、実用上十分な (20 dB 以上) 吸収減衰量が得られる比周波数帯域幅 (吸収周波数帯域幅/中心周波数) が 10~20% のものが多く、より広帯域のものが望まれている。

【0006】六方晶フェロックスプレーナフェライトからなる電波吸収体は、20 GHz 程度まで吸収特性を有するが、ミリ波帯においてはスピネル型フェライトと同様、磁気共鳴周波数の関係上、吸収性能が失われてしまい、さらに、製造面においてコスト高などの問題点がある。

【0007】GHz 帯においては、フェライトの他にカーボニル鉄の粉体を樹脂等に混練した複合磁性体を用いられる。この場合において、特性の最適化を図るために制御できるパラメータが、粉体の粒径と充填率のみであり、必要とする周波数帯域で必ずしも大きな  $\mu'$ ,  $\mu''$  値 ( $\mu'$  は複素透磁率の実数部、 $\mu''$  は複素透磁率の虚数部) が得られない。

【0008】さらに、周波数特性も任意に決めることができないため、電波吸収体の広帯域化・薄型化には限界があった。また粒径、充填率の均一性が特性に大きく影響するため、製造工程上の管理も容易ではなく、コスト高となる欠点があった。

【0009】また、ミリ波用の電波吸収体として、抵抗皮膜を用いた電波吸収体は、吸収性能は優れるが、その原理上、ある程度の厚さが必要であり、数百ミクロンの薄型化、塗料化が困難である。

【0010】さらに、カーボン等の導電性材料を用いたミリ波用電波吸収体は、薄型化、塗料化は可能であるが、薄型化を図ろうとした場合、吸収材の誘電率を高める必要がある。この誘電率を高めた場合、電波吸収性能を有する帯域が狭くなり、かつ、吸収材の厚さについ

て、高い精度が要求されるため、実現に困難が伴う。

【0011】また、前記のマグネトプランバイト型六方晶フェライトを用いたものは、ミリ波帯においても磁気損失を有し、パッケージ内等の共振抑制には有効である。しかし、吸収材表面でのインピーダンス整合は考慮されていない為、良好な吸収性能を有する電波吸収体の実現は困難であった。

【0012】また、電波吸収体は、一般に、金属等の電波の反射体の反射抑制として反射体に装着して使用されるが、反射体への装着の際、接着剤などを用いて行われているのが多い。このような接着剤等を用いて装着する場合、装着作業は容易でなく、また、装着したものを取り外すことも困難である。

【0013】ところで反射体として、鋼板等の、磁石が取付可能な材料で構成されているものが多く存在するが、このようなものに電波吸収体を装着する方法として、電波吸収材料の背面に着磁した硬磁性材料を一体化させることにより、吸収体の装着性を向上させる方法が提案されている。(特開平9-23087) しかしながら、このような方法では、吸収体のほかに、吸収体取り

付け用としての硬磁性材料が、必要であるため、コスト高となる問題がある。

【0014】本発明は、このような従来技術における問題点を鑑みてなされたもので、ミリ波帯を含めた高周波領域においても良好な電波吸収性能を有し、薄型化が可能で鋼板等に取り付けが容易であり、さらに製造容易な電波吸収体を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】前記目的を実現するため、本発明では次のような手段をとる。

【0016】(1) フェライトの粉体または粒子を保持材に混合したものからなる電波吸収材料、もしくはフェライトの焼結体からなる電波吸収材料を導体板上に固定してなる電波吸収体であって、該フェライトとしてFeの一部を少なくとも1種類以上の金属で置換したマグネトプランバイト型六方晶フェライトを用いたことを特徴とする電波吸収体。

【0017】(2) 前記マグネトプランバイト型六方晶フェライトは、組成式  $MF_{e_{12-x}}A_xO_{19}$  で示される組成であって、MはBa, Sr, Pbの少なくとも1種であり、AはAlもしくは  $\alpha_{0.5}\beta_{0.5}$  ( $\alpha$ は4価の陽イオンとなる金属、 $\beta$ は2価の陽イオンとなる金属)のいずれかであって  $0 < x \leq 6$  であることを特徴とする(1)記載の電波吸収体。

【0018】(3) 前記の  $\alpha$  は、Ti, Zr, Snの少なくとも1種、前記の  $\beta$  は、Co, Mn, Cu, Mg, Zn, Niの少なくとも1種であることを特徴とする(2)記載の電波吸収体。

【0019】(4) フェライトの粉体または粒子もしくはフェライト焼結体として、強磁性共鳴周波数の異なる

前記マグネトプランバイト型六方晶フェライトを2種類以上混合させたものであることを特徴とする(1)、

(2)、(3)のいずれかに記載の電波吸収体。

【0020】(5) フェライトの粉体または粒子を保持材に混合したものからなる電波吸収材料、もしくはフェライトの焼結体からなる電波吸収材料を導体板上に固定してなる電波吸収体であって、電波吸収材料として、少なくとも1種類の(1)、(2)、(3)のいずれかに記載のマグネトプランバイト型六方晶フェライトと、少なくとも1種類のスピネル型フェライトもしくはマグネトプランバイト型以外の六方晶フェライト(W型、Y型またはZ型)とを混合させたものであることを特徴とする電波吸収体。

【0021】(6) 前記マグネトプランバイト型六方晶フェライトの一部または全体を着磁したことを特徴とする(1)、(2)、(3)、(4)、(5)のいずれかに記載の電波吸収体。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明の電波吸収体の実施形状の一例を図8に示す。

【0023】本発明では、フェライトの粉体または粒子を保持材に混合したものからなる電波吸収材料、もしくはフェライトの焼結体からなる電波吸収材料を導体板上に固定してなる電波吸収体において、フェライトとして、Feの一部を少なくとも1種類以上の金属で置換したマグネトプランバイト型六方晶フェライトを用いる。これにより、GHz帯の周波数帯域の一定の範囲内においてインピーダンス整合をとり、その吸収性能を発揮せしめるようにしたものである。

【0024】マグネトプランバイト型六方晶フェライトは、一軸異方性を持ち、結晶磁気異方性により、一般的なマグネトプランバイト型六方晶フェライト  $BaFe_{12}O_{19}$ 、 $SrFe_{12}O_{19}$ 、 $PbFe_{12}O_{19}$  では40~60GHzにおいて強磁性共鳴現象がおこり、複素透磁率 ( $\mu^* = \mu' - j\mu''$ ) が図1のような周波数特性を示し、強磁性共鳴周波数において  $\mu''$  がピークを示す。

【0025】このとき数GHz以上の周波数において大きな  $\mu''$  を得ることが可能ならば、電波吸収体の厚さが薄くなる上、 $\mu'$ 、 $\mu''$  の周波数特性が一定の条件を満たすと、帯域の広い電波吸収体の実現できる。

【0026】本発明では、このような磁気損失効果を利用することにより電波吸収を行なっているため、抵抗皮膜を用いた吸収体やカーボン等の導電性材料を用いた吸収体と比較して同程度の厚さの精度で薄型化が可能となる。

【0027】この共鳴周波数は、マグネトプランバイト型六方晶フェライトのFeの一部を他の金属で置換することにより、広い範囲の周波数で変化させることができるため、電波吸収特性についても広い周波数範囲で得ることが可能となる。

10

20

30

40

50

【0028】本発明のマグネトプランバイト型フェライトは、組成式で、 $MFe_{12-x}A_xO_{19}$  として、表わされる。

【0029】上記式のMは、2価の陽イオンとなる金属であり、このような金属のうち、Ba、Sr、Pbの少なくとも1種であることが製造の安定性から好ましい。Feの一部を置換する金属である上記式のAとしては、3価の陽イオンとなる金属、もしくは $\alpha_{0.5}\beta_{0.5}$ （ここで $\alpha$ は4価の陽イオンとなる金属、 $\beta$ は2価の陽イオンとなる金属）が、挙げられる。ここで、Aとして3価の陽イオンとなる金属を用いることにより、一例としてAlを用いた場合、図3のように強磁性共鳴周波数を50GHz～100GHz程度にすることが出来るため、50GHz以上で動作可能な吸収体が実現できる。また、Aとして前記の $\alpha_{0.5}\beta_{0.5}$  とすることにより、図2の一例のように強磁性共鳴周波数を1GHz～50GHzにすることが出来るため、50GHz以下で動作可能な吸収体が実現できる。

【0030】前記の3価となる金属としてはAlが安価である為、好ましい。

【0031】また、前記の $\alpha$ および $\beta$ は特に限定されるものではないが、 $\alpha$ として、Ti、Zr、Snの少なくとも1種類、また $\beta$ としてCo、Mn、Cu、Mg、Zn、Niの少なくとも1種類の組み合わせにおいて電波吸収性能を有することが確認されている。また、 $x > 6$ の場合は、フェライトの自発磁化が減少してしまうことにより、磁気損失の効果が減少する為、 $0 < x \leq 6$ であることが好ましい。

【0032】この共鳴特性は、一定の粒径以上であれば粉体であっても失われることはなく、従来のフェライトや、カーボン鉄の粉体の場合とは異なり、広い周波数の範囲において制御することが可能である。

【0033】インピーダンス整合型電波吸収体において、良好な電波吸収特性が得られる複素透磁率の条件は限られており、特に広帯域の電波吸収体を実現するためには、複素透磁率（ $\mu^* = \mu' - j\mu''$ ）の実数部 $\mu'$ および虚数部 $\mu''$ が共に周波数の増加に対して単調減少となる特性が望ましい。

【0034】このような複素透磁率の特性を実現するために、強磁性共鳴周波数の異なるマグネトプランバイト型六方晶フェライトを2種類以上、もしくはマグネトプランバイト型六方晶フェライトとスピネル型フェライト、またはマグネトプランバイト型以外の六方晶フェライト（W型： $BaM_2Fe_{16}O_{27}$ 、Y型： $Ba_2M_2Fe_{12}O_{22}$  およびZ型： $Ba_3M_2Fe_{24}O_{41}$ ）ここでMは2価の金属）を混合させることにより、広い領域で複素透磁率（ $\mu^* = \mu' - j\mu''$ ）の値を上記の条件に合わせることが可能である。

【0035】また本発明による吸収体は、それ自体が永久磁石となりうる材料で構成されているため、その一部

もしくは全体を着磁することにより、磁性金属壁に接着剤等を使用することなく、極めて容易に貼り付けて電波吸収体を構成することができる。

【0036】本発明のフェライトは、永久磁石として使用されているハードフェライトを基本構造としている為、その製造方法としては、ハードフェライトの焼結体ならびに粉体で行われている通常の粉末冶金法や共沈法などで行うことが出来る。そのため、本発明による六方晶フェライトは、永久磁石用ハードフェライトと同様の製造工程が利用でき、製造が容易であり、大量生産が可能であるため、安価に製造が可能である。

【0037】本発明のフェライトの粉体ならびに粒子を混合する為の保持材としては、特に限定されず、たとえばクロロプレンゴムやブタジエンゴム、EPDMなどの合成ゴム、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、シリコン樹脂等の各種有機高分子樹脂ならびに硫酸カルシウム、珪酸カルシウム、セメント、粘土等の無機材料などが使用可能である。

【0038】フェライトの粉体または粒子を保持材に混合したもの、もしくはフェライトの焼結体からなる電波吸収材料を固定する導体板としては、電波がほぼ完全に反射するものがあれば特に限定されるものではなく、例えば、アルミ板、銅板等の各種金属板や金、銀、ITO（酸化インジウム錫）などの金属、半導体を蒸着させた薄膜、金属メッシュ、カーボンシート等が使用可能である。また、電波吸収材料を着磁させた場合には、電波吸収材料を装着させる鋼板等の磁性金属壁を導体板として使用可能である。

【0039】

【実施例】以下に、本発明を実施例によってさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0040】【実施例1】  $BaFe_{12-x}(Ti_{0.5}Co_{0.5})_xO_{19}$  の組成で、置換量Xが1.8～2.2である六方晶フェライト焼結体を外径7mm、内径3.1mmのトロイダル形状に加工し、厚さ0.6～2.2mmの範囲で変化させ、電波吸収体の背面を短絡させた状態で同軸管を使用し、周波数45MHz～20GHzで吸収特性を測定した。吸収特性の測定結果を図4に示す。図4に示すように5～15GHzにおいて厚さ2mm以下で20dB以上の吸収特性が得られる。

【0041】【実施例2】  $BaFe_{12-x}(Ti_{0.5}Mn_{0.5})_xO_{19}$  の組成で、置換量Xが3～4である六方晶フェライト粉体とエポキシ樹脂を重量比8：2～6：4の範囲（好ましくは7：3）として複合材を作成し、厚さを1.6～2.7mmの範囲で変化させた平板を金属板で裏打ちし、電波吸収体を作成した。この電波吸収体の吸収特性を、自由空間法にて周波数5GHz～18GHzの範囲で測定し、その測定結果を図5に示す。図5に

示すように、7GHz以上で20dB以上の吸収特性が得られ、比周波数帯域幅が40%以上という吸収特性が得られる。

【0042】〔実施例3〕 マグネトプランバイト型六方晶フェライト $\text{BaFe}_8(\text{Ti}_{0.5}\text{Mn}_{0.5})_4\text{O}_{19}$ およびZ型六方晶フェライト $\text{Ba}_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ の粉体とエポキシ樹脂とを重量比35:35:30で複合材を作成し、厚さ2.7mmの平板に加工した後、金属板で裏打ちし、電波吸収体を作成した。この電波吸収体の吸収特性を、自由空間法にて周波数5GHz~18GHzの範囲で測定し、その測定結果を図6に示す。図6に示すように20dB以上の吸収特性が得られる比周波数帯域幅が50%以上となっている。

【0043】〔実施例4〕  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ の組成で、置換量Xが0.6である六方晶フェライト粉体とクロロブレンゴムを重量比76:24として厚さ0.45mmの複合材を作成したものを金属板で裏打ちし、電波吸収体を作成した。

【0044】この電波吸収体の吸収特性を、自由空間法にて周波数50GHz~60GHzの範囲で測定し、その測定結果を図7に示す。図7に示すように、周波数50GHz~54GHzにおいて20dB以上の吸収性能が得られている。

【0045】

【発明の効果】本発明によれば、従来のフェライト材を用いた電波吸収体に比べて、①材料コストが低く、②永久磁石として確立した安価で安定した製造工程が利用で\*

き、③薄型で、広帯域の電波吸収特性が得られ、④ミリ波帯でも吸収特性を有し、⑤電波吸収体自体を着磁することにより、磁性金属壁に接着剤等を使用することなく、極めて容易に貼り付け可能な電波吸収体を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のマグネトプランバイト型六方晶フェライトの強磁性共鳴現象による複素透磁率( $\mu = \mu' - j\mu''$ )の周波数特性の一例を示す図である。

10 【図2】本発明のFeの置換による磁気共鳴周波数の変化の一例を示す図である。

【図3】本発明のFeの置換による磁気共鳴周波数の変化の一例を示す図である。

【図4】本発明の実施例1の電波吸収特性を示す図である。

【図5】本発明の実施例2の電波吸収特性を示す図である。

【図6】本発明の実施例3の電波吸収特性を示す図である。

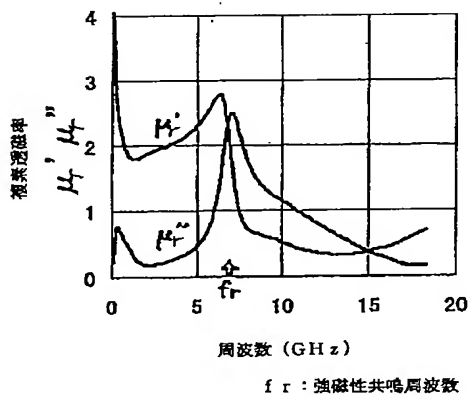
20 【図7】本発明の実施例4の電波吸収特性を示す図である。

【図8】本発明の実施形状の例を示す図である。

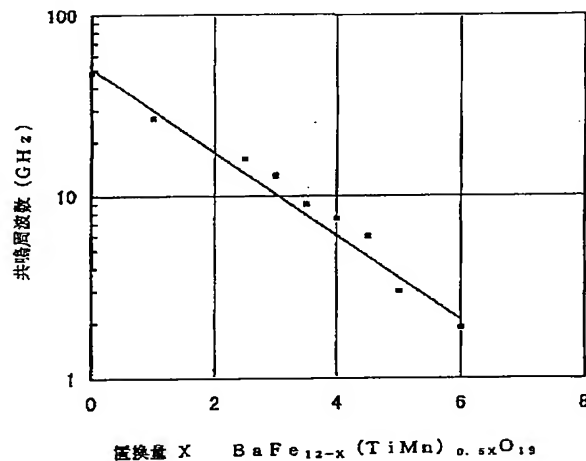
【符号の簡単な説明】

- 1 本発明の電波吸収体
- 2 本発明の電波吸収材料
- 3 導体板

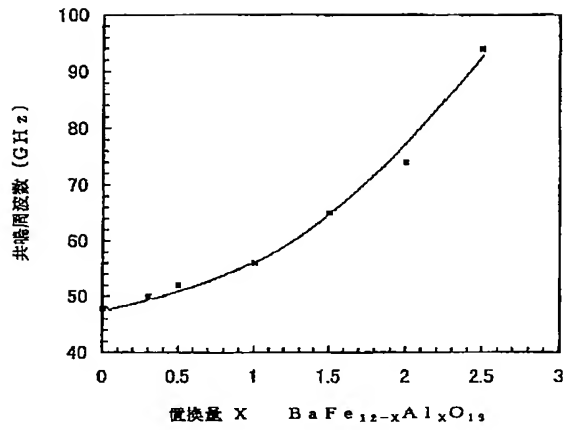
【図1】



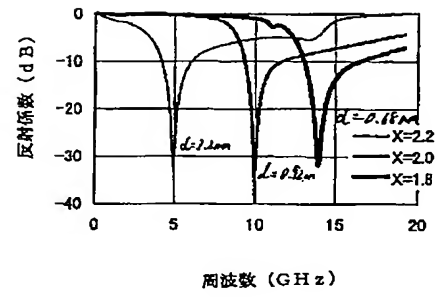
【図2】



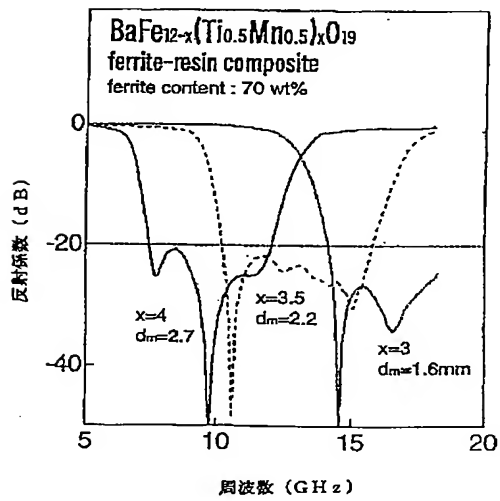
【図 3】



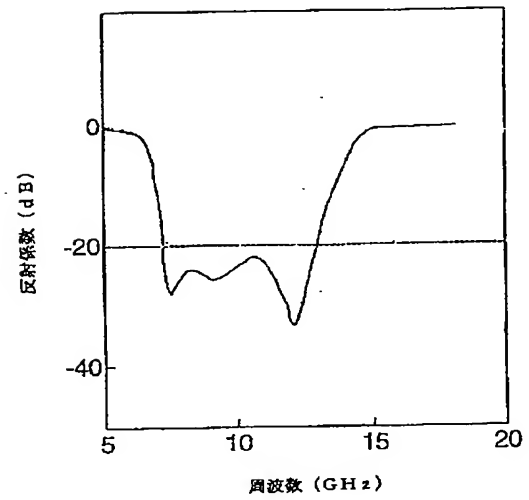
【図 4】



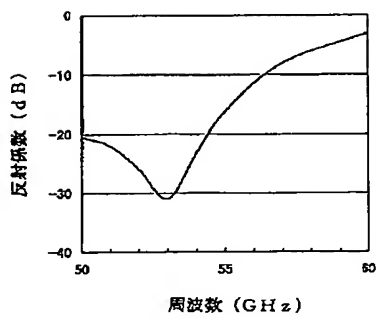
【図 5】



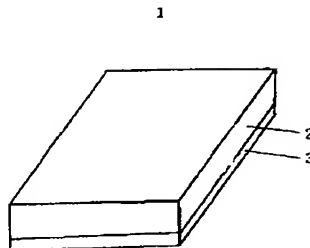
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 隆  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー  
ディーケイ株式会社内

(72)発明者 栗原 弘  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー  
ディーケイ株式会社内